Die Leuchtorgane von *Cyclothone signata* Garman

Von

Dr. Emanuel Trojan
Privatdozent der Zoologie

Aus dem Zoologischen Institut der k. k. Deutschen Universität in Prag

(Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 29. April 1915)

In der Literatur über leuchtende Tiere begegnen wir bisher den Tiefseefischchen der Gattung *Cyclothone* viermal. An die Studien ihrer Leuchtorgane sind die Namen Gatti (1903), v. Lendenfeld (1905), Brauer (1908) und Nusbaum (1912) geknüpft. Zur Untersuchung gelangten insgesamt folgende Arten: *Cyclothone signata, acclinidens, microdon, livida* und *obscura*. Das reichhaltigste Material stand Brauer zu Gebote, der Gelegenheit hatte, nicht nur alle obengenannten Arten, sondern auch noch zwei neue Varietäten, *C. signata alba* und *C. microdon pallida*, zu untersuchen. So konnte er auch den Bau der Leuchtorgane dieser Fischgattung eingehend studieren und hat Ausführliches darüber in seinem großen Valdiviawerke (1908, p. 11 bis 18) berichtet. Nichtsdestoweniger gesteht er dort zu, daß er eine Frage ungelöst lassen müsse, und zwar die Deutung der Struktur des sogenannten Reflektors. Um diese Lücke auszufüllen, befaßte sich Nusbaum eingehend mit den Leuchtorganen von *C. signata*; er schildert in einer vorläufigen Mitteilung (1912, p. 4) neben anderem den Bau des »Reflektors« besonders ausführlich. Wieweit er hierbei das Richtige getroffen hat, soll später gezeigt werden.

Mir blieb auch nach seiner Darstellung der »Reflektor« in den Leuchtorganen der Cyclothonen unverständlich und deshalb war ich froh, in den Besitz von geeignetem Material gekommen zu sein, um der Sache auf Grund eigener Studien nachgehen zu können. Gegen 50 Cyclothonen neben anderem Material hat unsere österreichische »Najade« von ihrer Terminfahrt im Frühjahr 1913 aus der Straße von Otranto und der südlichen Adria heimgebracht. Daß meine Untersuchungen an jenen Tieren von Erfolg begleitet waren, verdanke ich der gelungenen Konservierung in etwas stärkerem als sonst gebräuchlichem Formol. Die Methode hat sich bisher bei den meisten leuchtenden Tieren und diesmal auch recht gut bewährt. Es blieb, wie alles andere an den Leuchtorganen, auch ihr »Reflektor« ausgezeichnet erhalten, während Brauer und Nusbaum sicher zum großen Teile nur Reste von ihm zu sehen bekamen und ihn daher nicht endgültig zu deuten vermochten.

Das Material war aber auch in anderer Hinsicht wertvoll, als es mir gestattete, einen Beitrag zur Kenntnis der orbitalen Leuchtorgane, die in das Innere der Augen ihres Besitzers hineinleuchten sollen, zu liefern.

Die Bestimmung des Materials wurde nach Brauer (1906, p. 77 bis 89) vorgenommen und ergab, daß sämtliche Exemplare der Art *C. signata* Garman angehörten. Die typische Bezahnung der Kiefer ist in der Textfig. 1 veranschaulicht. Ich habe der Vollständigkeit halber ein solches Fischchen in natürlicher Größe photographiert auf meiner Tafel wiedergegeben (Taf. I, Fig. 1). Die Verteilung der Leuchtorgane ist wie folgt (Textfig. 2): Jederseits 1 orbitales, 9 branchiostegale (diese Gruppe ist, weil innen zwischen den Kiemenstrahlen gelegen, in der Textfigur nicht sichtbar), 2 operculare, 3 thorakale, 10 ventrale, 7 laterale, 1 präanales, 14 postanale (hiervon 3 vor der Analflosse und 11 zur Seite derselben) und 2 caudale. Brauer räumt den orbitalen Leuchtorganen ihres Baues wegen einen besonderen Platz ein, was ganz berechtigt ist. Die übrigen Leuchtorgane am Körper unterscheiden sich in einigen Stücken von ihnen. Ein jedes erscheint bei Lupenbetrachtung als schwarzes Näpfchen, das

seine Öffnung immer nach unten, und zwar vertikal oder schief vom Körper weg richtet. Der Durchmesser dieser kreisrunden Öffnung schwankt zwischen $^1/_6$ und $^3/_6$ Millimeter. Ein weißlicher Körper wölbt sich ungefähr halbkugelig aus ihr hervor; er schillert bei mikroskopischer Betrachtung ins

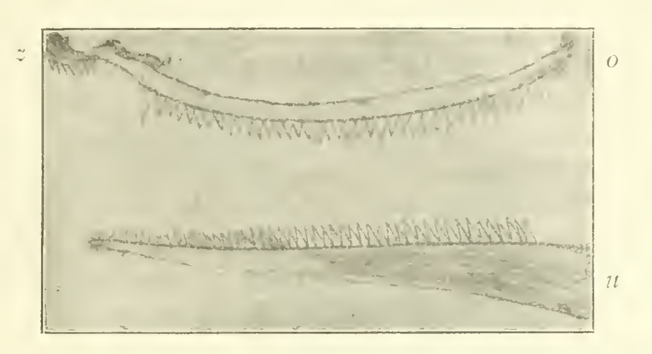


Fig. 1.

o Oberkiefer, *z* Zwischenkiefer, *u* Unterkiefer.

Bläuliche und ist regelmäßig hexagonal gefeldert. Mikrotomschnitte zeigen, daß jedes Leuchtorgan in den obersten Hautschichten, nahezu unter der äußerst zarten Epidermis liegt (Taf. I, Fig. 3, *e*) und aus zwei verschiedenen Teilen besteht,

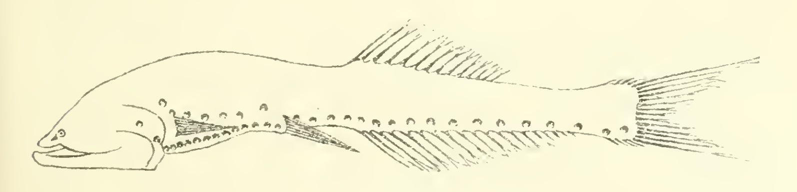


Fig. 2.

von denen der eine innerhalb, der andere außerhalb des schwarzen Näpfchens liegt. Dieses letztere wird von dichtem Pigment gebildet (Taf. I, Fig. 3, *p*). Wenn dem äußeren Teile Pigment angelagert ist, tritt es nur auf der medianen Seite und nicht so dicht auf, wie an dem inneren Teile des Leuchtorgans. Solches hat bereits Brauer an den branchiostegalen Organen richtig beobachtet. Der Innenkörper läßt auf den

ersten Blick den Bau einer nahezu kugeligen, zusammengesetzten Drüse erkennen. An dem Außenkörper hat Brauer als wesentlichen Bestandteil die Linse entdeckt (Taf. I, Fig. 3, *ls*); nach außen erscheint ihr mehr oder weniger Gallerte (Taf. I, Fig. 3, *g*) vorgelagert.

Der Drüsenkörper (Taf. I, Fig. 3) besteht aus einigen Tubuli, die konisch nach dem Innern zu sich verjüngend dem apikalen Pol des Leuchtorgans zustreben, ohne ihn jedoch zu erreichen, denn sie enden im obersten Drittel des Drüsenkörpers. Je weiter nach oben, desto kürzer werden die Drüsenschläuche und an dem bezeichneten Pole kommen überhaupt keine zur Ausbildung. Hier sieht man eine große Anzahl von birnförmigen Drüsenzellen (Taf. I, Fig. 3, *d'*); ihr schlanker Hals ist gegen das Innere des Organs, das breite Basalende nach außen gerichtet. Dieses enthält homogenes Plasma, das Neigung zur Vakuolisierung zeigt (Taf. I, Fig. 3, *v'*) und sich bei van Gieson-Färbung intensiv braunrot färbt. Hier liegt auch ein großer, zumeist kugeliger Kern (Taf. I, Fig. 3, *dk'*), mit reichlichen Chromatinkörnchen, die sich besonders an der Peripherie verdichten, so daß das Innere des Kernes licht und von einem dunklen Ring umgeben in den Schnitten erscheint. Der übrige Teil der Zelle färbt sich bei obiger Methode lichtgelb, sehr schwach; sein Inhalt ist feinkörnig. Identische Zellen (Taf. I, Fig. 3, *d*), nur in Gestalt von jenen abweichend, insofern nicht Birn-, sondern Prismenform vorherrscht, kleiden die Tubuli aus. Diese letzteren haben zarte Wände, welche als Fortsetzung der bindegewebigen Hülle (Taf. I, Fig. 3, *b*) den ganzen Drüsenkörper umgibt, ins Innere streichen. Das basale Ende der Drüsenzellen mit seinem homogenen, auch mitunter vakuolisierten Plasma und großen Kern (Taf. I, Fig. 3, *dk*) ist den Wänden, das andere mit feinkörnigem Inhalt der Längsachse des Tubulus zugekehrt. Die Zellen stoßen daselbst nicht ganz zusammen, sondern lassen einen feinen Kanal übrig. In diesem trifft man hin und wieder eine strukturlose Substanz an; sie färbt sich nach van Gieson nicht und hat das Aussehen lebenden Hyaloplasmas. Bedeutend mehr von dieser Masse pflegt man im Innern der apikalen Hälfte des Drüsenkörpers vorzufinden. Hier gibt es nämlich

einen Sammelraum (Taf. I, Fig. 3, *s*), in den alle Drüsenzellen, beziehungsweise Drüsenschläuche ihr Sekret ablagern. In der Umgebung dieses Sammelraumes liegen viele Kerne, die nach Brauer (1908, p. 13) zwei Arten von Zellen, und zwar den Wandzellen des Sammelraumes und den sogenannten Bildungs- oder Ersatzzellen der Schläuche angehören sollen. Es ist äußerst schwer, in den Präparaten die einen von den anderen zu unterscheiden, weil alle einander täuschend ähnlich sehen. Überdies besitzt der Sammelraum nicht überall eine glatte Wandung, sondern bloß an der apikalen Seite; sonst geht er in die einzelnen Drüsenschläuche über. Der Übergang seiner Epithelzellen in die Drüsenzellen der Tubuli ist ganz allmählich. Von dem Sammelraum geht ein Kanal ab, der rudimentär geworden ist und als ein Strang (Taf. I, Fig. 3, *ka*) zwischen den Drüsenschläuchen nach außen zieht; dieser setzt sich, solange er durch den Drüsen- und Linsenkörper geht, aus langen Faserzellen mit gestreckten Kernen zusammen. Im Gallertkörper angelangt, schwillt er keulig an (Taf. I, Fig. 3, *en*); hier gibt es Zellen mit kugeligen Kernen. Brauer betonte bereits treffend, daß der Verlauf des Stranges nicht bei allen Leuchtorganen derselbe sei; meine Untersuchungen stimmen hierin mit den seinen überein, nur möchte ich noch einer besonderen Beobachtung hier Raum geben, daß ich nämlich das Strangende bei den branchiostegalen Organen bis knapp unter der zarten Epidermis antraf, während es jener Autor bloß mitten in der Gallerte eingebettet sah. Ein Lumen war weder im Verlaufe des Stranges, noch innerhalb der Endanschwellung zu finden. Immerhin kann man mit Sicherheit annehmen, daß der Strang ursprünglich hohl war und sich nach außen öffnete; aus dem Umstande aber, daß sein Ende hie und da unmittelbar unter der Epidermis steckt, kann man folgern, daß der Verschluß jüngeren Datums ist.

Der ganze Drüsenkörper ist, wie schon oben erwähnt, zunächst von einer zarten Bindegewebshülle umgeben (Taf. I, Fig. 3, *b*). Außer dieser Hülle aber soll es nach Brauer's und Nusbaum's Darstellungen noch eine zweite geben, den »Reflektor«. »Über seinen Bau«, schreibt der erstere Autor

(1908, p. 14), »habe ich nicht volle Klarheit gewinnen können. Nach dem Bilde, das Querschnitte (Fig. 10, *r*) bieten, scheint er aus leeren, rundlichen Kästchen oder Röhren zu bestehen, in deren schmalen Wänden der Kern liegt. Aber auf Grund des Studiums vieler nach den verschiedenen Richtungen geführter Schnitte möchte ich annehmen, daß es sich um sehr dünne, stark abgeplattete Fasern (Fig. 11) handelt, die zu einem Maschenwerk verflochten sind. An der Bildung eines jeden Kästchens würden mithin immer mehrere Zellen beteiligt sein. Ich komme deshalb zu dieser Ansicht, weil der Reflektor sehr verschieden sich darstellt, manchmal jenes Bild regelmäßiger ovaler Kästchen darbietet, wie es besonders an der Öffnung des Bechers der Fall ist, manchmal aber diese Maschen sehr schmal ausgezogen sind und dann das Bild ein ähnliches ist, wie es der Reflektor, der sicher nur aus Fasern besteht, bietet. Die Fasern erscheinen glänzend und homogen. Der eigentümliche Bau des Reflektors über der Öffnung des Bechers ist es, der die silberglänzende hexagonale Felderung bedingt, die bei mikroskopischer Betrachtung einem auffällt.«

Die Vermutung Brauer's, es könnten Fasern das aufbauende Element des »Reflektors« sein, erhärtet bei Nusbaum (1912, p. 4) zur Tatsache. Der »Reflektor« ist nach seiner Überzeugung nur aus Fasern zusammengesetzt. Diese lassen zwei verschiedene Arten unterscheiden: 1. An der Oberfläche, unmittelbar unter dem Pigmentmantel, starke und ein wenig dorsoventral abgeplattete Fasern, eine jede mit einem sehr langen Kern, der die Form eines Stäbchens hat; diese Fasern laufen parallel und sind gleich weit voneinander entfernt; bogenförmig passen sie sich der zylindrischen Form des Pigmentbechers an. Man sehe sie am besten an den ersten Tangentialschnitten durch das Näpfchen. Oft zeigen sich auch starke Fasern an der basalen Oberfläche des Reflektors, angrenzend an die Linse. Der Kern liegt entweder endständig oder in der Mitte der Faser. — 2. Außer diesen groben Fasern bemerke man noch äußerst feine, die weiter einwärts von den ersteren an der Oberfläche liegen. Sie seien faserförmige Ausläufer plasmaarmer Zellen, die sich an die Oberfläche unterhalb des Pigmentmantels erstrecken. Diese

fadenförmigen Fasern ziehen nach verschiedenen Richtungen; in der Mehrzahl laufen sie horizontal, d. i. parallel zur Basis des Näpfchens, zugleich also parallel zu den groben Fasern; andere aber biegen unter rechtem Winkel ab und kreuzen sich mit den ersteren. Auf diese Weise komme die polygonale Felderung zustande. Jede Seite eines Polygons werde von mehreren, zu einer einzigen Zelle gehörenden Fasern gebildet. Diese sind homogen, glänzend und reflektieren das Licht. Im allgemeinen liegen die Fasern des Reflektors zwischen dem Pigmentmantel und dem Bindegewebshäutchen, das den Drüsenkörper einschließt; sie seien an das letztere fixiert.

Mir kam die Bezeichnung »Reflektor« für ein Gebilde, das den Drüsenkörper auch auf der pigmentfreien Seite umgeben sollte, etwas merkwürdig vor, denn sonst pflegt man ihn an der vom Lichtaustritt abgekehrten Seite vorzufinden. Von dem Vorhandensein eines Reflektors an Leuchtorganen von Tiefseefischen habe ich mich stets in der einfachen Weise überzeugt, daß ich den Spiegel des Mikroskops während der Betrachtung eines Schnittes verdeckte und so statt bei durchfallendem Lichte dann mit auffallendem beobachtete; war ein Reflektor vorhanden, so glänzte er sofort silbern auf. Hier aber war von einem solchen Glanze nicht die Spur vorhanden. Und selbst wenn ich dieses Verhalten auf eine allzu schwache Ausbildung jenes Gebildes zurückführen würde, dann wäre mir noch immer nicht die Entstehung der regelmäßigen hexagonalen Felderung verständlich; eine unregelmäßige polygonale, wie sie Nusbaum anzunehmen scheint, wäre vielleicht möglich, doch eine solche kommt hier sicher nicht vor, sondern die Form regelmäßiger Sechsecke ist, wie Brauer richtig beobachtet hatte, deutlich ausgeprägt. Der erste Verdacht, daß es mit dem »Reflektor« eine andere Bewandtnis haben dürfte, wurde in mir rege, als ich meine Tangentialschnitte, die Nusbaum zum Studium der Fasern besonders empfiehlt, durchmusterte. An solchen (Taf. I, Fig. 5, *m*) konnte ich ein System von Fasern konstatieren, die nach Art von Parallelkreisen den Drüsenkörper umziehen. Sie sind äußerst fein und färben sich nicht. Ihre Anwesenheit kann man des öfteren nur bei stark abgeblendetem Licht oder aus ihren langen

Stabkernen (Taf. I, Fig. 5, *st*) feststellen; manchmal werden sie auch an Pigmentkörnchen, die an ihnen haften und vom Pigmentmantel stammen, erkannt. Es erschwert ihre Beobachtung weiter der Umstand, daß ihr Verlauf kreisförmig ist und man daher von ihnen an sehr dünnen Schnitten oft nur ganz kurze Stückchen zu sehen bekommt. Fällt der Schnitt aber dicker aus, dann verschwinden sie entweder ganz in der Pigmenthülle oder bleiben in dem angeschnittenen, intensiv sich färbenden Teil des Drüsenkörpers unsichtbar. Immerhin konnte ich feststellen, daß Brauer dort, wo er seiner Vermutung über den Aufbau dieses Teiles eine Darstellung im Bilde (1908, Taf. XX, Fig. 11) verlieh, der Wahrheit sehr nahe gekommen ist. Die Fasern sind in der Tat sehr fein und ihre Distanz nicht, wie Nusbaum schreibt, immer die gleiche; sie nimmt vielmehr gegen die Öffnung des Pigmentmantels ab, so daß die Fasern dortselbst recht eng beisammen laufen. Auch dies kommt in Brauer's Bildern deutlich zum Ausdruck. Ich glaube auch den Grund gefunden zu haben, warum dieser Autor von seiner ursprünglichen richtigen Vorstellung von Fasern zu der irrigen von »leeren, rundlichen Kästchen und Röhren« gekommen ist. Bei der geringsten Schrumpfung des Drüsenkörpers nämlich entsteht eine Lücke zwischen diesem und dem Pigmentmantel, in der regelmäßig jene Fasern schweben. In ihrem zirkulären Verlauf ist es gelegen, daß man an Vertikalschnitten eine Strecke von ihnen zu sehen bekommt, die so lang sein kann, daß sie sich als Querscheidewand präsentiert. So kommen übereinanderliegende leere Kästchen unter dem Pigmentmantel zum Vorschein.

Jene Tangentialschnitte aber zeigten noch mehr. Nahe der basalen, pigmentfreien Fläche des Drüsenkörpers bemerkte ich hie und da eine Zelle, mitunter auch zwei bis drei im Zusammenhang, die unzweifelhaft platte Zellen von polygonalem Umrisse waren. Der große kugelige Kern enthielt einen homogenen Inhalt und färbte sich intensiv. Das Plasma der Zellen aber zeigte sehr schwache Neigung zur Tinktion und machte eher den Eindruck von Degeneration. Waren drei Zellen beisammen, dann zeigte ihr Verband Falten. Öffnete ich die Irisblende ganz, so schwand das Bild des Zellbestandes

und ich hatte den Eindruck von Fasern, dickeren und feineren, je nachdem die Falten größer oder kleiner waren. Sogleich stieg in mir die Vermutung auf, ob nicht das, was als »Reflektor« vor dem Drüsenkörper bisher beschrieben wurde, sich nicht auf solche platte Zellen zurückführen lasse. Diese Annahme wurde im Verlaufe der Untersuchungen vollauf bestätigt. Zunächst ergab die genaue Durchsicht der zur Längsachse des Leuchtorgans parallel geführten Schnitte, daß die Fasern vor dem Drüsenkörper miteinander durch einen zarten Plasmaschleier stellenweise zusammenhängen. Dieser hatte sogar manchmal vom Hämatoxylin einen deutlichen Stich ins Blaue angenommen. Die scheinbaren dickeren Fasern zeigten an Schnitten nahe der Medianebene und in dieser (Taf. I, Fig. 3, *pl*) auffallend regelmäßige Buckel nach außen und mitten innerhalb derselben einen plattgedrückten Kern (Taf. I, Fig. 3, *pk*); dieser schien mir manchmal eher in einer Plasmamulde als in einer Faser eingebettet zu sein. Endlich erhielt ich Bilder, die große Ähnlichkeit mit den dem Drüsenkörper vorgelagerten Kästchen des »Reflektors« bei *Cyclothone microdon pallida* (Brauer, 1908, Taf. XX, Fig. 10) besaßen. Diese Erscheinung erwies sich aber alsbald als Trugbild. Zufälligerweise passen nämlich mitunter auf die obenerwähnten regelmäßigen Buckel höher oder tiefer im Schnitt gelegene Falten; kommen Wellenberg mit Wellental übereinander zu liegen, dann täuschen sie nebeneinanderliegende Kästchen vor. Indessen bedarf jedes Faltensystem eine besondere Einstellung des Tubus. An solchen Präparaten war schon gar zu oft eine feine Substanz zwischen den scheinbaren Fasern zu beobachten, doch eine klare Vorstellung konnte auf diese Weise nicht gewonnen werden, sondern nur auf Grund von senkrecht zur Längsachse des Leuchtorgans gelegten Schnitten. Aber auch da war die Aussicht auf Erfolg gering, wenn man die kleinen Dimensionen, die gewölbte Form und Hinfälligkeit des fraglichen Gebildes in Erwägung zieht. Ich wählte zu jenen Schnitten die Gruppen der thorakalen und ventralen Leuchtorgane, weil diese sehr dicht beisammen stehen und ziemlich streng ventral gerichtet sind. Nach einigen vergeblichen Versuchen gelang eine Schnittserie, die mir die ge-

suchten überzeugenden Bilder brachte. Es folgen in ihr von außen gegen das Innere des Leuchtorgans auf die Querschnitte durch die Linse solche durch den »Reflektor« (Taf. I, Fig. 6, 7) und nach diesen solche durch den basalen Teil des Drüsenkörpers.

Der »Reflektor« zeigt das Bild eines typischen Plattenepithels, seine Zellen sind ausgesprochen hexagonal, ihr Plasma schwer tingierbar und hinfällig (man beobachte nur in Fig. 7, wie es sich in einer Zelle mit dem Kern gegen die Wand zurückgezogen hat). Der Durchmesser der Zellen beträgt etwa 20 μ im Durchschnitte. Der Kern (Taf. I, Fig. 3, 6, 7, *pk*) ist plattgedrückt, von kreisrundem Umriß, ohne Chromatinkörnchen, doch gut tingierbar. Es breitet sich also, unter dem Rande des Pigmentmantels hervortretend, eine zarte Membran über den Drüsenkörper aus. Ich stelle mir vor, daß sich an Brauer's und Nusbaum's Material der Plasmakörper in jeder Zelle jenes Plattenepithels bis an die Zellmembran zurückgezogen hat oder ganz geschwunden sei, dabei den Kern mit verlagernd, so daß beide Autoren der Ansicht waren, er gehöre zu einer Faser. Wäre es vielleicht nicht möglich, daß Ähnliches auch bei den obengenannten Horizontalfasern eingetreten wäre? Das halte ich für ausgeschlossen, denn die Größe, Gestalt und Beschaffenheit der Kerne hier und dort ist zu verschieden, als daß man annehmen könnte, sie gehörten identischen Zellelementen an.

Und so bin ich zu der Überzeugung gekommen, daß das, was im Leuchtorgan von Cyclothonen als »Reflektor« beschrieben worden ist, aus zwei verschiedenen Gebilden besteht, und zwar aus zirkulären Horizontalfasern um den Drüsenkörper innerhalb des Pigmentmantels und ferner aus einem zarten, hexagonalen Plattenepithel über seiner pigmentfreien Seite. Vom letzteren rührt die obenerwähnte Felderung des Leuchtorgans; ihr Eindruck wird überdies noch verstärkt durch den ebenso gefelderten Grundriß des Drüsenkörpers. Eine Verwechslung von Drüsenkörper und Plattenepithel ist ausgeschlossen, weil sich die Zellen der beiden in Plasma und Kernen deutlich voneinander unterscheiden: an diesem sind die Sechsecke von Zellmembranen, an jenem von leeren

Spalträumen begrenzt (vgl. hierzu die Fig. 5 und 6 oder 7 der Tafel). Unmöglich können jene Horizontalfasern und das Plattenepithel den Zweck eines Reflektors erfüllen. Der Glanz des Leuchtorgans, auf den sich beide Autoren berufen, läßt sich ebensogut an anderen Stellen des Fischchens beobachten, sobald diese nur eine hinreichend dunkle Unterlage haben. So schillert der Bauch dort, wo der pigmentierte Teil des Vorderdarmes durchscheint, prächtig ins Bläuliche. Man wird diese Erscheinung auf das Irisieren feinster, glasheller Hautschichten zurückführen, ohne einen besonders gebauten, faserigen Reflektor konstruieren zu müssen. Ich glaube aber, daß der biologische Wert hier ein anderer war, beziehungsweise noch ist. Für das Horizontalfasersystem scheint mir die Längsmuskulatur der pigmentierten Teile des Vorderdarmes zum Vergleiche dienlich zu sein.

Merkwürdigerweise findet sich in Nusbaum's (1912, p. 7 bis 13) vorläufiger Mitteilung über den Verdauungstrakt von *Cyclothone signata* bei der Aufzählung der histologischen Details keine Erwähnung von Längsmuskelfasern vor. Und doch zeigt sich in der Schnittserie unter dem äußeren Pigmentmantel eine ziemlich dichte Längsstreifung; sie rührt von glatten Muskelfasern. Ein Vergleich derselben mit jenen Zirkulärfasern ergibt eine Übereinstimmung der beiden, namentlich auch ihrer Kerne. Ich vermute daher, daß die Horizontalfasern des Leuchtorgans nichts anderes als glatte Muskelfasern sind; heutzutage dürften sie wohl zwecklos sein, da das Leuchtorgan eine geschlossene Drüse ist. Früher, als die Drüse noch offen war, mag ein Muskelsystem von faßreifenartiger Ausbildung seinen Zweck gut erfüllt haben; wenn es sich kontrahierte, dann wurde das Sekret der Drüse herausgepreßt und leuchtete. So eine Funktion setzt allerdings eine Innervation voraus. Eine solche aber konnte bis jetzt nicht nachgewiesen werden. Doch könnte immerhin eine äußerst feine Nervenfaser hier, wo Vitalfärbung und spezifische Tinktionsmethoden kaum durchführbar sind, verborgen bleiben.

Was nun das Plattenepithel betrifft, so erinnert es lebhaft an die facettierte Cornea der Komplexaugen. Wahrscheinlich erfüllt es die gleiche Aufgabe wie jene, denn es fällt auf, daß

jede seiner Zellen etwas vorgewölbt ist und in Gestalt und Größe mit der unter ihr liegenden Zelle des Drüsenkörpers übereinstimmt; sie würde also für alle über ihr im Innern eines Drüsenschlauches liegenden leuchtenden Zellen eine Sammellinse abgeben. Wenn auch noch ein besonderer Linsenapparat im Leuchtorgan ausgebildet ist, dürften derartige Speziallinsen durchaus nicht überflüssig sein.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Bezeichnung »Reflektor« unzutreffend ist. Brauer hat sie auch weniger aus Überzeugung, wie vielmehr wegen der manchmal zutreffenden Ähnlichkeit mit dem Bilde, »wie es ein Reflektor, der sicher nur aus Fasern besteht, bietet«, hier angewendet. Für diesen Fall des Vergleiches aber kämen nach seinen Darstellungen nur die Leuchtorgane von *Gonostoma elongatum* (1908, p. 4 bis 9, Taf. XIX, Fig. 5, 6, 7, 12, 13) in Betracht. Aber gerade diese sprechen für meine Auffassung der Fasern als Muskelelementen, denn es sind offene Drüsen, deren Leuchtsekret offenbar unter Druckwirkung nach außen befördert wird. Reflektoren aus Leuchtorganen anderer Tiefseefische können hier zum Vergleich nicht herangezogen werden, weil sie stets typische Gebilde von dichten, konzentrisch geschichteten Fasern vorstellen und stets hinter der Lichtquelle gelegen sind.

Der Drüsenkörper wird auch mit Blut versorgt. An dem Blutgefäß eines jeden Leuchtorgans läßt sich ein lateraler und ein medialer Teil unterscheiden; beide steigen vom Rand des Pigmentmantels zwischen den Drüsenschläuchen gegen das Innere des Drüsenkörpers empor. Der eine ist der zuführende, der andere der abführende Ast. Aus dem Umstande, daß in diesen Gefäßen zwei und auch drei Blutkörperchen nebeneinander liegen, während um den Sammelraum herum geschlängelte Züge von nur einzeln hintereinander gereihten Blutkörperchen beobachtet werden (Taf. I, Fig. 3, *bg*), kann man schließen, daß es hier zu Verzweigungen bis in die feinsten Kapillaren mit unendlich dünnen Wandungen kommt, die einen innigen Kontakt zwischen Blut und Leuchtsekret gestatten.

Jenseits des hexagonalen Plattenepithels liegt die Linse (Taf. I, Fig. 3, *ls*) vor dem Drüsenkörper. Brauer gebührt das

Verdienst, sie entdeckt zu haben. Sie besteht aus einer größeren Anzahl von schlanken, nach außen sich verjüngenden Zellen (Taf. I, Fig. 3, *l*), deren Kern *(kl)* stets ganz basal gelegen ist. Ich habe beobachtet, wie die Zellen, je mehr von der Längsachse des Leuchtorgans entfernt, sich um so enger zwiebelschalenartig aneinander legen; auf diese Weise kommt eine gut entwickelte, flache, querliegende Linse zustande. Sie ist von einer zarten Bindegewebskapsel umhüllt (Taf. I, Fig. 3, *bl*).

Den vor der Linse gelegenen Raum bis zur Epidermis füllt der bereits oben erwähnte Gallertkörper (Taf. I, Fig. 3, *g*) aus.

Die orbitalen Leuchtorgane (Taf. I, Fig. 2, *o L*, und Fig. 4). Brauer hat diesen beiden Gebilden wegen ihrer Beziehungen zu den Augen seine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Er schildert sie mit folgenden einleitenden Worten (1908, p. 14): »Die makroskopische Betrachtung des Fisches zeigt vorn, am ventralen Rande des Auges nur einen rechteckigen schwarzen Fleck, der ventral in einen etwas caudad gerichteten Fortsatz ausläuft (Fig. 21). Der dorsale Rand erstreckt sich noch etwas über die Cornea. Bei schärferem Zusehen erkennt man, daß hier ein schmaler Streifen des Pigments von ihm abgesondert ist. Vom eigentlichen Organ ist nichts zu sehen. Am besten orientieren über die Besonderheiten des Organs schräge Querschnitte, die das Organ und Auge zugleich treffen (Fig. 16, 17)... Bei der Untersuchung der Schnitte wird als erster Unterschied auffallen, daß das Organ scheinbar umgekehrt liegt wie alle anderen. Auf der dorsalen Seite ist der Pigmentmantel geöffnet, auf der ventralen dagegen ist die Öffnung, so bei *C. livida* und *microdon* verengt oder fehlt ganz.«

Nusbaum (1912, p. 5) stimmt diesen Ausführungen hinsichtlich *C. signata* vollends bei; es habe das orbitale Leuchtorgan seine ventrale Öffnung verloren und sekundär eine dorsale erworben. Alle diese Angaben wirkten auf mich bei der Betrachtung meines Materials höchst befremdend, da ich an keinem einzigen Fischchen völlig ventral geschlossene orbitale Organe beobachten konnte. Überall schien das Weiß

des Drüsenkörpers aus dem Pigmentmantel lateroventral heraus, wie bei den anderen Organen des Körpers, einmal mehr, das andere Mal weniger; den auffälligsten aller Fälle habe ich photographiert (Taf. I, Fig. 2, *o L*). Da jeder Zweifel an der Richtigkeit der Bestimmung der Spezies ausgeschlossen war, dachte ich zunächst daran, ob nicht mein Material Läsionen erlitten habe und Teile der Kopfhaut samt Pigment abgeschunden worden seien; allerdings schien solches höchst unwahrscheinlich, da die Begrenzung des Pigmentmantels eine allzu regelmäßige war. Meine Befürchtung wurde auch durch die Schnittpräparate grundlos. Es zeigte sich, daß die Hautschichten über dem Pigmentmantel vollkommen intakt waren, ja man konnte sogar die Fortsetzung der lateralen pigmentführenden Schichten, wie sie ventrad pigmentärmer und schließlich pigmentlos werden, verfolgen. Die medianen Pigmentschichten reichen weiter herab als die lateralen. Totalen Pigmentverschluß habe ich auch an keinem der Schnitte feststellen können. Dafür trat aber die dorsale gegen den Augenbulbus gerichtete Öffnung des Pigmentmantels deutlich zum Vorschein; der letztere hat somit Röhrenform. Diese erleidet nur insofern eine Modifikation, als sich von oben außen deckelartig eine Pigmentanhäufung über ihn wölbt, als wollte sie seine dorsale Öffnung verschließen, d. i. die akzessorische Pigmentplatte (Taf. I, Fig. 4, *a*). Ihr Pigment verschmilzt aber nicht mit dem des Pigmentrohres. Der Drüsenkörper bietet nichts wesentlich Neues gegenüber dem der anderen Leuchtorgane. Der rudimentäre Kanal (Taf. I, Fig. 4, *ka*) ist auch hier ventrad gerichtet, aber kürzer. Die Linse fehlt. Das System der zirkulären Horizontalfasern und das Plattenepithel sind in analoger Lage wie bei den anderen Leuchtorganen auch hier nachgewiesen worden; die für das letztere typischen abgeplatteten Kerne fehlen auch hier nicht (Taf. I, Fig. 4, *pk*). Brauer hat diese beiden Gebilde nicht feststellen können. Nusbaum (1912, p. 12) gelangte hierin zu einer anderen Anschauung. Die Zirkulärfasern hat er richtig erkannt, den anderen Teil aber vermißt und will einen Ersatz für ihn dorsal von dem Drüsenkörper gefunden haben (siehe unten).

Die dorsale unpigmentierte Öffnung des orbitalen Organs (Taf. I, Fig. 4) ist von einem Gewebepfropf ausgefüllt, der aus dem Innern des Organs förmlich herauswuchert. Auf den ersten Blick lassen sich zwei Teile an ihm unterscheiden, ein proximaler und ein distaler. Der erstere ist schwer tingierbar und bietet das Bild eines straffen Bindegewebes mit konzentrisch geschichteten Fasern (Taf. I, Fig. 4, *f*); die Zellkörperreste (*z*) zwischen ihnen weisen die mannigfachste Form auf, mitunter mit recht zahlreichen Fortsätzen. Der distale Teil ist leichter tingierbar, enthält viel mehr Zellen und deutliche Zellkerne (Taf. I, Fig. 4, *bk*), ist aber nichts anderes als ebenfalls Bindegewebe, nur in anderer Modifikation. Man könnte ihn für den jüngeren Teil des Pfropfes halten, der noch nicht so viel Fasersubstanz gebildet hat. Indessen besteht eine derartige Beziehung zwischen den beiden Teilen nicht, sonst müßte sich eine Übergangszone finden lassen; gerade das Gegenteil ist der Fall, eine scharfe Grenze zeigt, bis wohin der Anteil des einen und des anderen reicht. Zwei Faserzüge gehen von der distalen Partie diametral nach dem Augenbulbus ab (Taf. I, Fig. 4, *li*), einer vorn, der andere hinten; sie werden zu Ligamenten, von denen das erstere an der Sklera, noch bevor sie in die Cornea übergeht, inseriert, während das letztere viel weiter hinten an ihr seinen Anheftungspunkt hat. Brauer (1908, p. 16) hat auch schon zweierlei differenzierte Partien an diesem Teil des Leuchtorgans unterschieden, allerdings ohne sie weiter zu präzisieren. Wenn er aber meint, es handle sich der Hauptsache nach um Gallertkörper, so hat er nicht recht. Das Gebilde zeigt einen viel solideren Bau als man ihm sonst bei Gallertgeweben begegnet.

Nusbaum's (1912, p. 6) Verdienst ist es, auf die beiden Ligamente zuerst hingewiesen zu haben, wenn er auch den Anheftungspunkt des vorderen etwas zu weit nach vorn, nämlich auf die Cornea verlegt hat. Darin aber hat er nicht das Richtige getroffen, daß er noch eine dritte Partie zwischen dem proximalen und distalen Teil unterschieden habe will. Er schreibt hierzu (l. c.): »Entre les deux parties nommées distale et médiane nous trouvons encore une partie inter-

médiaire, qui se colore plus fortement que les autres et qui est formée principalement par des fibres très longues, avec des noyaux très allongés; ces fibres sont en formes d'arcs. Au centre de la partie distale (ventrale) on trouve des cellules avec prolongements ramifiés, semblables à celles de la partie médiane (dorsale). Je pense que la partie distale correspond au tissu du réflecteur dans les autres organes photodotiques, parce qu'elle est formée seulement de cellules fibriformes. La partie médiane correspond au corp gelé.« Ich kann diesen Ausführungen des Autors nicht beipflichten, am allerwenigsten denen betreffs des »Reflektors«, da ich an meinen Präparaten keinerlei derartige Differenzierungen feststellen konnte.

Soll man aber bei den orbitalen Organen von einem Reflektor überhaupt sprechen, so wäre die proximale Partie des Pfropfes als solcher zu bezeichnen. Das ist ein Gebilde, an dessen dicht gelagerten konzentrischen Fasern man sich eine Reflexion des Lichtes leicht vorstellen kann. Allerdings, wenn man mit Brauer annehmen würde, daß diese Organe ihr Licht in die Augen des Fischchens ausstrahlen, dann stünde auch dieser Reflektor dem Lichte im Wege. Erwägt man die Achsenverhältnisse von Leuchtorgan und Auge nach der Darstellung jenes Autors (Taf. XX, Fig. 17), so müßten viele Lichtstrahlen die Retina direkt treffen. Dies scheint aber bereits Nusbaum mit seinen Präparaten unvereinbar gefunden zu haben, denn er erklärt (1912, p. 5) mit voller Bestimmtheit, »que la lumière de l'organe orbitaire ne pénètre pas directement au fond de l'oeil, où se trouve la rétine, mais dans une direction très oblique. Il est donc très probable, d'après nous, que la plupart des rayons, qui pénètrent dans l'oeil, se refléchissent sur la surface externe du bulbe oculaire et peut-être aussi sur la lamelle osseuse concave accessoire, située à la face dorsale et en arrière de l'oeil.« Aus diesem Zitat geht hervor, daß Nusbaum das orbitale Organ in einer anderen Lage zum Auge gesehen hat als Brauer; und dasselbe trifft auch bei mir zu. Die meisten meiner Schnitte stimmen mit der erwähnten Darstellung des letzteren Autors annähernd überein, befriedigen aber wegen Rupturen zwischen Auge und Leuchtorgan oder Knickung der Ligamente nicht.

Solche Übelstände sind bei der gewöhnlichen Art der Konservierung unausbleiblich, weil die Augen regelmäßig einsinken. Nach solchen Präparaten aber läßt sich der Zusammenhang zwischen Auge und Leuchtorgan nicht recht beurteilen und man muß daher zur Rekonstruktion schreiten; diese führte mich nun zu einer anderen Ansicht als Brauer und Nusbaum. Ist schon der letztere von einer direkten Bestrahlung der Retina abgekommen und meint, sie könne nur indirekt, durch Brechung der Lichtstrahlen an der äußeren Oberfläche des Augenbulbus oder an der akzessorischen Knochenlamelle zustandekommen, so möchte ich den Eintritt des Lichtes ins Auge nahezu ganz in Abrede stellen. Die Lage des Leuchtorgans dürfte am lebenden Tier eine solche sein, daß, wenn schon Licht von demselben gegen den Bulbus ausgestrahlt werden sollte, solches von dem dichten Pigment des Auges abgehalten wird; so ist auch das Organ selbst auf dieser Seite unpigmentiert, denn ein doppelter Pigmentschutz wäre hier überflüssig. Es wird auch in Wirklichkeit nur wenig Licht dort herauskommen, weil der Reflektor das meiste nach unten außen werfen dürfte. Jenes wenige Licht, das die Cornea streifen müßte, wird durch die akzessorische Pigmentplatte (Taf. I, Fig. 4, *a*) abgeblendet. Meine Auffassung des letzteren Gebildes ist der der beiden Autoren gerade entgegengesetzt, denn jene meinen, es wäre nur dazu da, um nichts vom Licht nach außen verloren gehen zu lassen, sondern alles womöglich dem Auge zuzuführen.

Diese Betrachtung eröffnet aber zugleich eine neue Perspektive auf die ganze Gruppe der orbitalen, gegen das Auge gerichteten Leuchtorgane bei Tiefseefischen. Brauer hat uns nicht sagen können, welchen biologischen Zweck diese von ihm entdeckte sonderbare Einrichtung, die das Beleuchten des Augeninnern zur Folge haben soll, erfülle; sie blieb uns unerklärlich, bis Pütter (1912, p. 285) ihren biologischen Wert erkannt haben will. Er sieht in ihr einen Kontrastapparat und setzt sie dem Tapetum lucidum und den aphakischen Räumen gleich. Diese Einrichtungen alle sollen den Zweck verfolgen, eine Nebenbelichtung der Retina herbeizuführen, die »diffus, durch zerstreutes Licht das ganze Seh-

epithel, ja das ganze Innere der Augen mit mattem Licht erhellt.« Bei Tieren, die unter derart ungenügende Lichtverhältnisse kommen, daß ein Sehen kaum möglich ist, sei solches von höchster Bedeutung, weil das Sehen erleichtert werde. Dabei leiten den Physiologen die Fundamentalsätze der Hering'schen Lehre vom Kontrast: Die Erregungszustände der einzelnen Netzhautbezirke beeinflussen sich beim Sehen gegenseitig; der Erregungszustand eines Netzhautstückchens hängt immer davon ab, wie die ganze übrige Netzhaut gereizt wird. Man kann für das Auge des Menschen einen lichtgrauen Fleck (das reagierende Feld) auf einer großen, weißen Fläche nicht bloß dadurch auffallender machen, daß man ihn noch mit Grau überstreicht, sondern auch dadurch, daß man die weiße Fläche intensiver belichtet. Dies letztere merkt das Auge fast oder überhaupt nicht, dafür erscheint ihm der graue Fleck um so dunkler. Die weiße Fläche hat eine Nebenbelichtung der Retina rings um den Bezirk, wo das Bild des grauen Fleckes entstand, herbeigeführt; die minimale Steigerung dieses diffusen Lichtes erleichtert die Wahrnehmung des reagierenden Feldes. Diese so im Experiment verursachte Nebenbelichtung komme in der freien Natur durch das schwache Dämmerlicht zustande und ihre Steigerung dadurch, daß anderes Licht außer demjenigen, welches das Bild des Gegenstandes verursacht, also Nebenlicht in das Auge eindringe. Solches geschehe bei den einen Dämmerungstieren durch den stark reflektierenden Augenhintergrund (Tapetum lucidum), bei anderen dadurch, daß der Pigmentring der Iris nicht dicht an die Linse anschließt, so daß außer dem Licht, das sie passiert, auch vieles andere an ihrem Äquator vorbei in das Augeninnere gelangt, oder daß Licht bei manchen Augen durch eigentümliche Pigmentunterbrechungen am Bulbus hinter der Linse, sogenannte »Fenster«, Einlaß in das Auge findet — so entstehen die aphakischen Räume — oder endlich bei einigen Tiefseefischen durch orbitale, gegen die Augen gerichtete Leuchtorgane.

Nun ist aber bereits die »Nebenbelichtung als Kontrastapparat« durch Karl v. Hess (1911) gründlich widerlegt worden. Wir lesen bei diesem Autor (p. 6): »Pütter geht bei

seiner Erörterung von der bekannten Erscheinung aus, daß ein dunkles Feld auf weißem Grunde bei zunehmender Lichtstärke des letzteren dunkler, bei abnehmender weniger dunkel erscheint usw. Er meint nun irrigerweise, wenn nicht die Lichtstärke des hellen Grundes vermehrt, sondern die Netzhaut durch Nebenlicht erhellt werde, müsse »der Erfolg ja der gleiche sein«. Dies ist indes nicht der Fall: durch Erhöhung der Lichtstärke des hellen Grundes bei dem ersten Versuche wird der Lichtstärkeunterschied zwischen diesem und dem von ihm umschlossenen dunklen Felde vergrößert; dagegen wird durch eine »Nebenbelichtung«, die ja alle Teile des Netzhautbildes angenähert gleichmäßig trifft, der relative Lichtstärkenunterschied zwischen Feld und Grund kleiner als er ohne Nebenbelichtung wäre....

Es entspricht dies der bekannten Tatsache, daß der Helligkeitsunterschied zweier aneinandergrenzender, verschieden heller Felder durch Nebenbelichtung kleiner, beziehungsweise unmerklich, das Sehen durch Nebenbelichtung also verschlechtert wird.« Im einzelnen werden dann die Tapeta lucida und die aphakischen Räume als Kontrastapparate einer Kritik unterzogen; zu den ersteren heißt es dort (p. 8): »Auch hinsichtlich des Zustandekommens der angenommenen Nebenbelichtung geht Pütter von einer irrigen physikalischen Voraussetzung aus: Er sieht »die Bedeutung der Tapeta lucida darin, daß sie Licht, das bereits die perzipierenden Elemente passiert hat, diffus im Auge zerstreuen«.

»Helmholtz hat schon in der ersten Auflage seiner physiologischen Optik (p. 167) eingehend dargetan, daß und warum eine derartige Lichtzerstreuung im Auge nicht im wesentlichen Umfange zustande kommen kann. Bei Erörterung des Ganges der Strahlen durch die Netzhautstäbchen zeigt er, daß der von der Aderhaut zurückgeworfene Teil des Lichtes »wieder hauptsächlich durch dasselbe Körperchen wird zurückkehren müssen«. Im Hinblick auf die Augen mit Tapetum fügt er hinzu: »Diese Funktion der Körperchen scheint namentlich bei denjenigen Tieren, welche statt der Schicht schwarzer Pigmentzellen auf der Aderhaut eine stark reflektierende Fläche (Tapetum) haben, von Wichtigkeit zu

sein. Einmal wird dadurch bewirkt, daß das Licht die empfindenden Netzhautelemente, welche es beim Einfallen getroffen hatte, bei seiner Rückkehr noch einmal trifft und erregt. Zweitens kann es zurückkehrend nur dieselben oder höchstens teilweise die nächsten Netzhautelemente treffen und sich nur zu einem kleinen Teil im Auge diffus zerstreuen, was die Genauigkeit des Sehens erheblich beeinträchtigen würde.«

Und über die aphakischen Räume bei Fischen heißt es dort weiter: »Beer hat darauf aufmerksam gemacht, daß bei der großen Mehrzahl der Teleostier schon bei gewöhnlicher Pupillenweite der circumlentalen Raum in größerer oder geringerer Ausdehnung von der Iris unbedeckt bleibt. Selten ist nur der nasale Linsenrand, sehr häufig auch der temporale sichtbar, nach Erweiterung der Pupille bei herabgesetzter Belichtung kann manchmal der ganze Linsenrand sichtbar werden. Regelmäßig erreicht der aphakische Raum auf der nasalen Seite seinen größten Durchmesser. Pütter meint, auch durch diesen aphakischen Raum werde Nebenbelichtung herbeigeführt, ‚durch die das Innere des Bulbus diffus erleuchtet wird‘. Die Irrigkeit einer solchen Annahme ergibt sich aus folgendem: Durch den schmalen Raum zwischen Iris und Linse gelangen die Strahlen (da unter Wasser der Einfluß der Hornhaut im wesentlichen wegfällt) fast ungebrochen zur Netzhaut. Durch Konstruktion, wie insbesondere auch durch Beobachtung lebender Fische mit dem Augenspiegel überzeugt man sich leicht, daß selbst durch den größeren, vorderen aphakischen Raum nur zu einem verhältnismäßig kleinen, wesentlich nach vorn vom hinteren Augenpole gelegenen Netzhautteile Licht gelangen kann, das nicht durch die Linse gegangen ist, und diese Lichtmengen sind verschwindend klein gegenüber jenen, die durch die Linse gesammelt die Netzhaut treffen. Bei der Spiegeluntersuchung erscheinen die durch die Linse gesehenen Hintergrundteile hellrot, die durch den aphakischen Raum gesehenen daneben dunkel. Das durch die Linse tretende Licht wird zu einem Teile an den einzelnen Linsenelementen diffus zerstreut und dadurch über den ganzen Hintergrund ausgebreitet, die durch

den aphakischen Raum tretenden Strahlen erfahren keine solche Zerstreuung. Das durch die Linse auf der Netzhaut gesammelte Licht kann die betreffenden Fundusstellen genügend stark bestrahlen, um von hier aus durch Reflexion im Auge zerstreut zu werden; auch eine solche Zerstreuung kann für die relativ kleinen Mengen des durch den aphakischen Raum tretenden Lichtes nicht in Betracht kommen.«

»Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Zerstreuung des Lichtes, das an der Linse vorbei zur Netzhaut gelangt, verschwindend gering ist gegenüber jener des durch die Linse tretenden Lichtes. Damit erledigt sich die Hypothese von der Rolle der aphakischen Räume im Fischauge als einer Einrichtung zur Nebenbelichtung. Hätte die angenommene Lichtzerstreuung im Auge überhaupt optische Vorteile, so wären aphakische Räume die ungeeignetste Einrichtung, eine solche herbeizuführen.«

Gegen aphakische Räume, die Pütter an den Augen gewisser Wassersäuger beobachtet haben will, spricht v. Hess schwere Bedenken aus, erörtert die Fälle nicht des weiteren, nachdem sich obige Auffassung überhaupt als unhaltbar erwiesen hat.

Somit würden von den Pütter'schen Kontrastapparaten noch die orbitalen Leuchtorgane gewisser Tiefseefische unwiderlegt bleiben, wenn uns der Fall von *Cyclothone* nicht eines Besseren belehren sollte. Hier gilt es, sich zwei Fragen vorzulegen:

1. Gibt es in der Tat orbitale Leuchtorgane, die ihr Licht in die Augen senden?

2. Ist eine solche Einrichtung, wenn sie existiert, zweckmäßig?

Das von Brauer vorgeführte Material ist zu überwältigend, als daß es eine Negierung der ersten Frage zuließe. Handelt es sich doch da um keine seltene Erscheinung. Sie betrifft in viel auffälligerer Form als bei *Cyclothone* die Tiefseefische *Gonostoma, Triplophos, Polyipnus, Sternoptyx, Argyropelecus, Chauliodus, Stomias, Dactylostomias* und *Idiacanthus*. Nach dem aber, was ich bei *Cyclothone* beobachtet habe, trage ich nur Bedenken über den Grad der Neigung des Leuchtorgans

zum Auge; vielleicht sind doch hie und da postmortale Verhältnisse von Brauer nicht ganz in Rechnung gezogen worden. Bei der diesbezüglichen Durchsicht der Figuren fielen mir die besonders tiefen Falten um die Augen von *Sternoptyx* (Taf. XXIII, Fig. 1), *Polyipnus* (Taf. XXIV, Fig. 13), *Chauliodus* (Taf. XXV, Fig. 15, 17), *Idiacanthus* (Taf. XXVII, Fig. 3) und *Stomias* (Taf. XXIX, Fig. 9, 11) auf. Man stelle sich nur vor, was eine kleine Verzerrung infolge Konservierung für die Beurteilung des Strahlenganges solcher Organe, die meist hart an der Grenze der Augenpigmenthülle gelegen sind, bedeutet. Es wird Sache weiterer Untersuchungen sein, die einzelnen Fälle daraufhin zu prüfen. Immerhin wird man um diese spezifischen orbitalen Leuchtorgane nicht herumkommen können. Anders steht es mit der Frage, ob solche Gebilde zweckentsprechend sind?

Organe, welche den Tieren nützen, pflegen von der Natur in ihrer Entstehung und Entwicklung gefördert zu werden; wo solches nicht beobachtet wird, sondern im Gegenteil Rückbildung und sogar Rudimentärwerden Platz greifen, kann man mit größter Wahrscheinlichkeit auf Unzweckmäßigkeit, Zwecklosigkeit schließen. Und das letztere trifft im vollen Umfange die orbitalen Leuchtorgane der Cyclothonen. Vielleicht sind sie, wie es Brauer bereits im allgemeinen ausgesprochen hat, im Larvenleben normal gelagert und nehmen erst am entwickelten Fisch ihre rätselhafte Stellung ein. Sodann aber wendet die Natur, wie es mir scheint, alsbald alle Mittel an, um sie für das Auge unschädlich zu machen. Oben und unten sollen sie zugedeckt werden, oben durch die akzessorische Pigmentplatte, unten durch einen Pigmentverschluß, der bei meinen Exemplaren hier und dort angebahnt, bei denen von Brauer total durchgeführt erscheint. Das Rudimentärwerden greift auf innere Teile des Leuchtorgans über und läßt die Linse unentwickelt. Bei der Art *C. obscura* hat die Rückbildung, wie ich Brauer's Werk entnehme, ihr Ziel erreicht. Es heißt dort (p. 17), daß auch der Drüsenkörper so stark reduziert sei, daß er kaum noch den Namen eines solchen verdient. »Zwar war manchmal die dem Auge zugewandte Seite pigmentfrei, in anderen Fällen war aber auch hier wie

auf der lateralen Seite eine Absperrung durch Pigment eingetreten, außerdem liegt das Organ so weit rostrad vom Auge, daß kaum mehr das Licht, wenn solches überhaupt noch entwickelt wird, das Auge erreichen dürfte. Von einem Reflektor und Gallertkörper habe ich nichts gesehen.«

Damit glaube ich die Leuchtorgane von *Cyclothone signata* überhaupt in ihrem Bau, die orbitalen speziell auch in ihrer biologischen Bedeutung richtig beurteilt zu haben. Zugleich würde hiermit auch der letzte Rest von Kontrastapparaten als zweckmäßigen Einrichtungen schwinden.

Zusammenfassung.

Die Leuchtorgane von *Cyclothone signata* sind nahezu kugelige Drüsen; sie sind geschlossen. Immerhin läßt sich ein Kanalrudiment von einem im Innern der Drüse exzentrisch gelegenen Sammelraum aus deutlich verfolgen und aus dem Umstande, daß dieses mitunter bis hart unter die Epidermis streicht, folgern, daß die Umwandlung der offenen Drüse in eine geschlossene ziemlich jung sein dürfte. Was Brauer und Nusbaum an den Leuchtorganen des Fischchens als »Reflektor« gedeutet haben, ist kein solcher, sondern besteht aus zwei grundverschiedenen Gebilden, aus einem Zirkulärfasersystem um den Drüsenkörper innerhalb des Pigmentmantels und einem hexagonalen Plattenepithel über ihm an der pigmentfreien Seite. Das erstere dürfte der Rest einer Ringmuskulatur sein, mit Hilfe derer seinerzeit das Leuchtsekret aus der offenen Drüse herausgepreßt wurde, das letztere wirkt höchstwahrscheinlich wie eine fazettierte Cornea. Die orbitalen Leuchtorgane zeigen Rückbildung; es fehlt ihnen die Linse, ferner das Pigment an der dem Auge zugekehrten Seite; dafür scheinen sie hier einen echten Reflektor zu besitzen. Jedes dieser Organe ist an den Augenbulbus so fixiert, daß unmöglich sein Licht in das Innere des Auges gelangen, sondern höchstens nur die Cornea und Linse streifen kann. Und selbst dieses Licht, das der Entstehung eines Bildes im Dämmerlicht ungünstig ist, wird durch eine Hilfseinrichtung, die akzessorische Pigmentplatte, soviel als mög-

lich abgehalten. Im übrigen scheinen die orbitalen Leuchtorgane der Cylothonen ihrer Unzweckmäßigkeit wegen auf dem besten Wege zu sein, vollständig rückgebildet zu werden.

Literatur.

1904 Brauer A., Über die Leuchtorgane der Knochenfische. Verh. D. Zool. Ges., Leipzig.

1906 — Die Tiefseefische. I. Systematischer Teil. Wissenschaftl. Ergebn. Deutsch. Tiefsee-Exp. »Valdivia«. Bd. XV, 1. Lfg.

1908 — Die Tiefseefische. II. Anatomischer Teil. Ebendort, Bd. XV, 2. Lfg.

1903 Gatti M., Ricerche sugli organi luminosi dei pesci. Annali di Agricoltura. Roma 1902.

1911 v. Hess C., Beiträge zur Kenntnis des Tapetum lucidum im Säugerauge. Arch. f. vergl. Ophthalmologie, Bd. II, H. 1.

1905 v. Lendenfeld R., The Radiating Organs of the Deep-Sea-Fishes. Mem. Mus. Compar. Zool. Harv. Coll., Vol. V, 30. Cambridge.

1912 Nusbaum J., Notes préliminaires sur l'anatomie comparée des Poissons (etc.). 1ère Note. Fragments sur l'anatomie de Cyclothone signata Garm. (Les organes photodotiques, le canal digestif). Bull. Inst. Océan. Monaco, No 246.

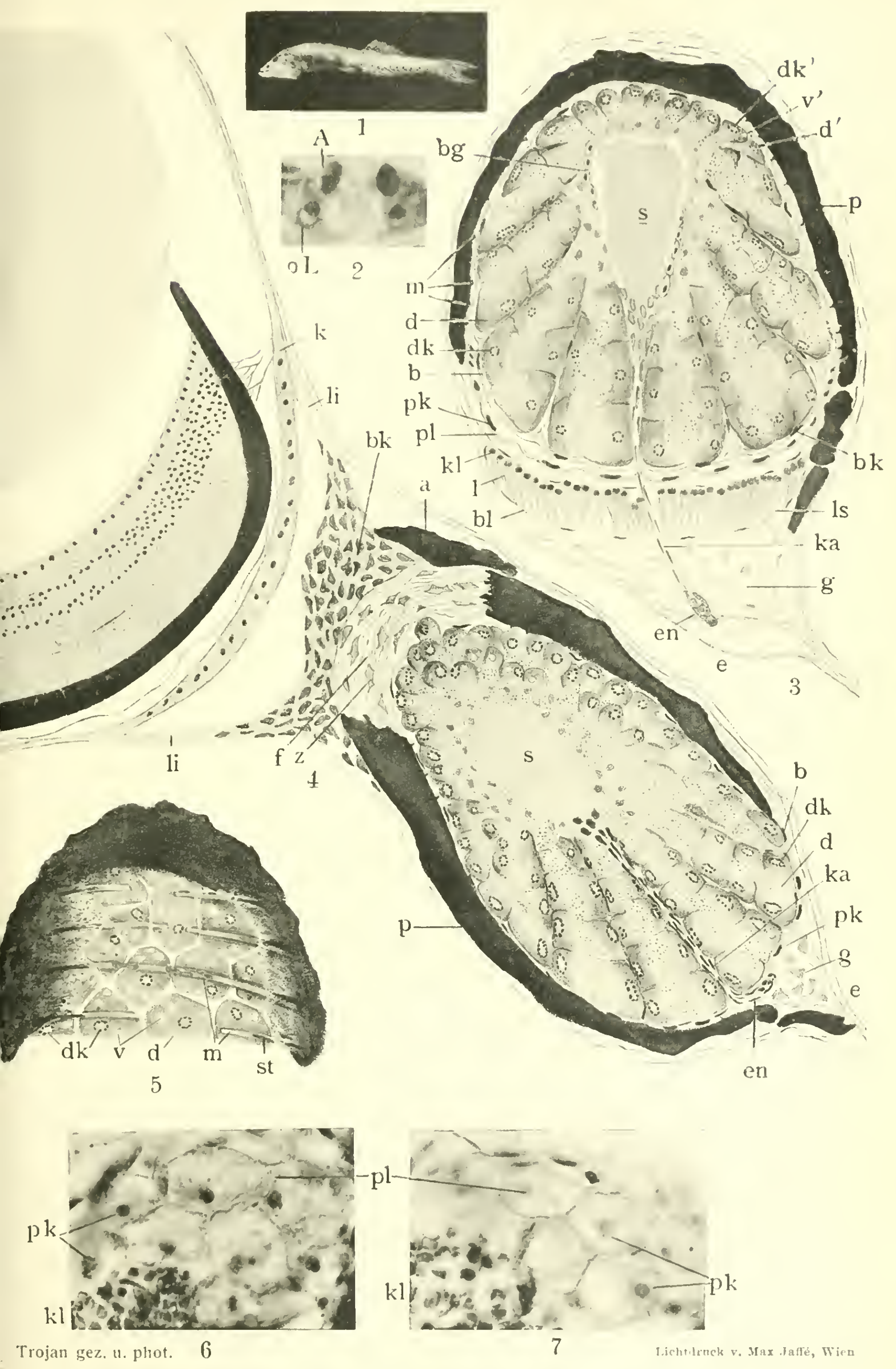
1912 Pütter A., Organologie des Auges. Handbuch der ges. Augenheilkunde von Graefe-Saemisch, 2. Aufl. Leipzig.

Abkürzungen.

a Akzessorische Pigmentplatte.
A Auge.
b Bindegewebshülle.
bg Blutgefäße.
bl Bindegewebskapsel der Linse.
bk Bindegewebskerne.
d, d' Drüsenzellen.
dk, dk' Kerne derselben.
e Epidermis.
en Endanschwellung des Kanalrudimentes.
f Fasergewebe (Reflektor).
g Gallerte.
k Knorpelring.
ka Kanalrudiment.
kl Kerne der Linsenzellen.
l Linsenzelle.
li Ligament.
ls Linse.
m Muskelfaser.
o L Orbitales Leuchtorgan.
p Pigment.
pk Kerne im Plattenepithel.
pl Plattenepithel.
s Sammelraum.
st Stabkerne.
v, v' Vacuolen.
z Zellkörper.

Tafelerklärung.

Fig. 1. *Cyclothone signata* Garman. Natürliche Größe.
» 2. Die Augen derselben mit orbitalen Leuchtorganen von vorne unten gesehen. 15 mal vergr.
» 3. Branchiostegales Leuchtorgan. Medianschnitt. 250 mal vergr.
» 4. Orbitales Leuchtorgan. Medianschnitt. 200 mal vergr.
» 5. Branchiostegales Leuchtorgan. Tangentialschnitt. 250 mal vergr.
» 6. Plattenepithel vom thorakalen Leuchtorgan. 300 mal vergr.
» 7. Dasselbe.



Trojan gez. u. phot.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien